



SKRIPSI

**“PENGOLAHAN LIMBAH KEMASAN PLASTIK
MULTILAYER LDPE (*LOW DENSITY POLYETHYLENE*)
DENGAN MENGGUNAKAN METODE PIROLISIS
KONVENSIIONAL DAN PIROLISIS *MICROWAVE*”**

Oleh:

Arief Febrianto

(2312 105 007)

Diki Dinar Ramadhika

(2312 105 021)

Dosen Pembimbing :

Dr. Ir. Sri Rachmania Juliastuti, M. Eng.

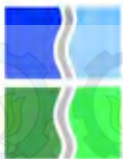
Ir. Nuniek Hendrianie, M.T.

LABORATORIUM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

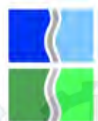
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA



wastewater
treatment
lab.

PENDAHULUAN

Laboratorium Pengolahan Limbah Cair Industri

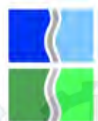


wastewater
treatment
lab.

Latar Belakang

Penimbunan sampah merupakan masalah yang muncul seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan pertambahan penduduk.

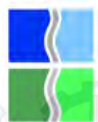
Menteri Lingkungan hidup, Balthasar Kambuaya, Sabtu 14 April 2012 saat meresmikan Bank Sampah di Palembang mengatakan bahwa rata-rata penduduk Indonesia menghasilkan sekitar 26.500 ton per hari.



wastewater
treatment
lab.

Latar Belakang

Untuk mengatasinya, adalah dengan mendaur ulang limbah plastik. Alternatif yang digunakan untuk mengurangi volume sampah plastik dibagi dalam tiga macam proses, yaitu daur ulang, transformasi thermal dan transformasi biologis.



wastewater
treatment
lab.

Latar Belakang

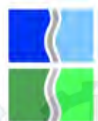
- **Transformasi Biologis**

Menguraikan limbah dengan menggunakan mikroba sebagai media pengurai.

- **Transformasi Thermal**

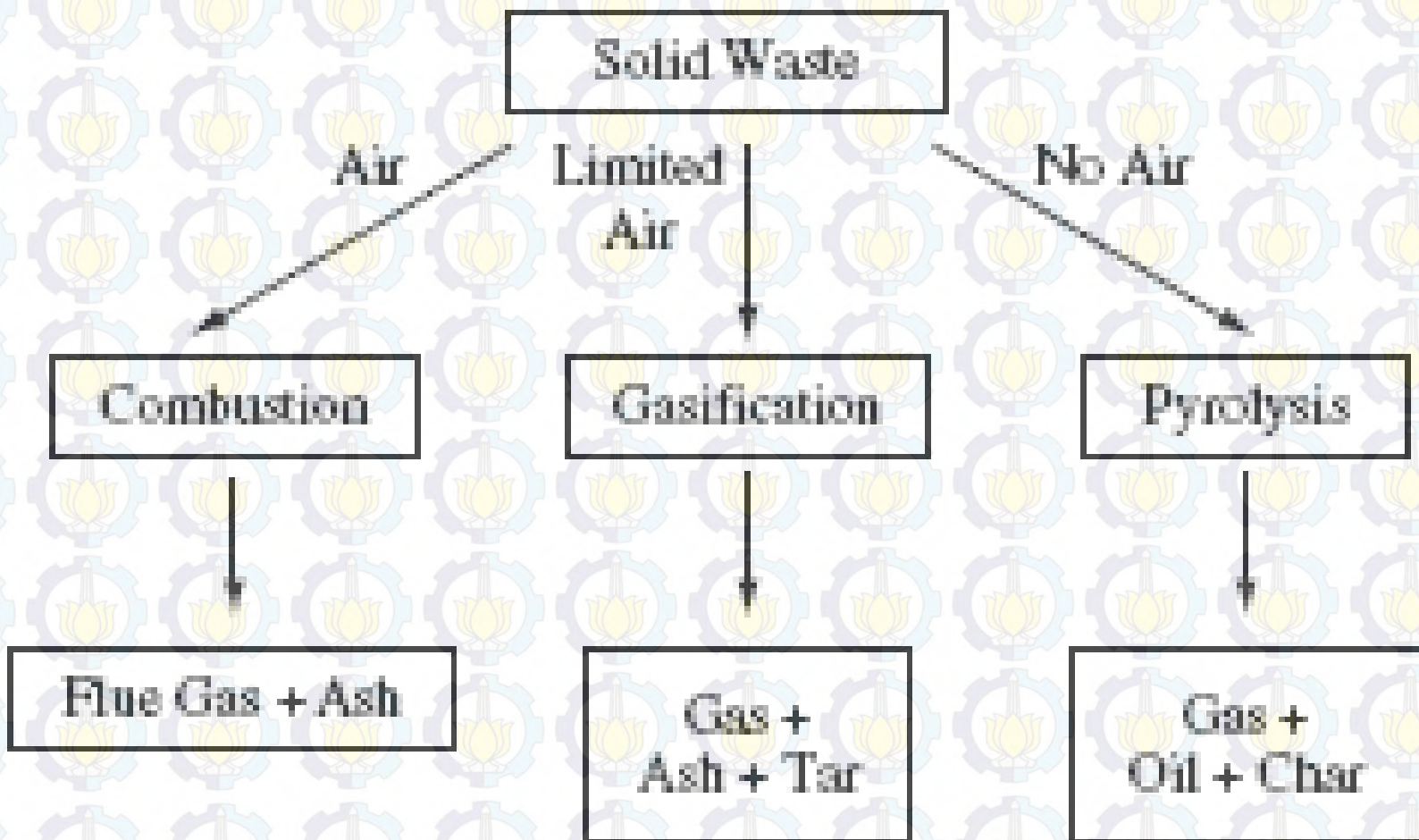
Menguraikan limbah dengan memanfaatkan peningkatan suhu. Transformasi thermal terbagi menjadi 3 macam proses yaitu:

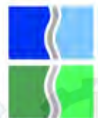
- Gasification
- Combustion
- Pyrolysis



wastewater
treatment
lab.

Latar Belakang

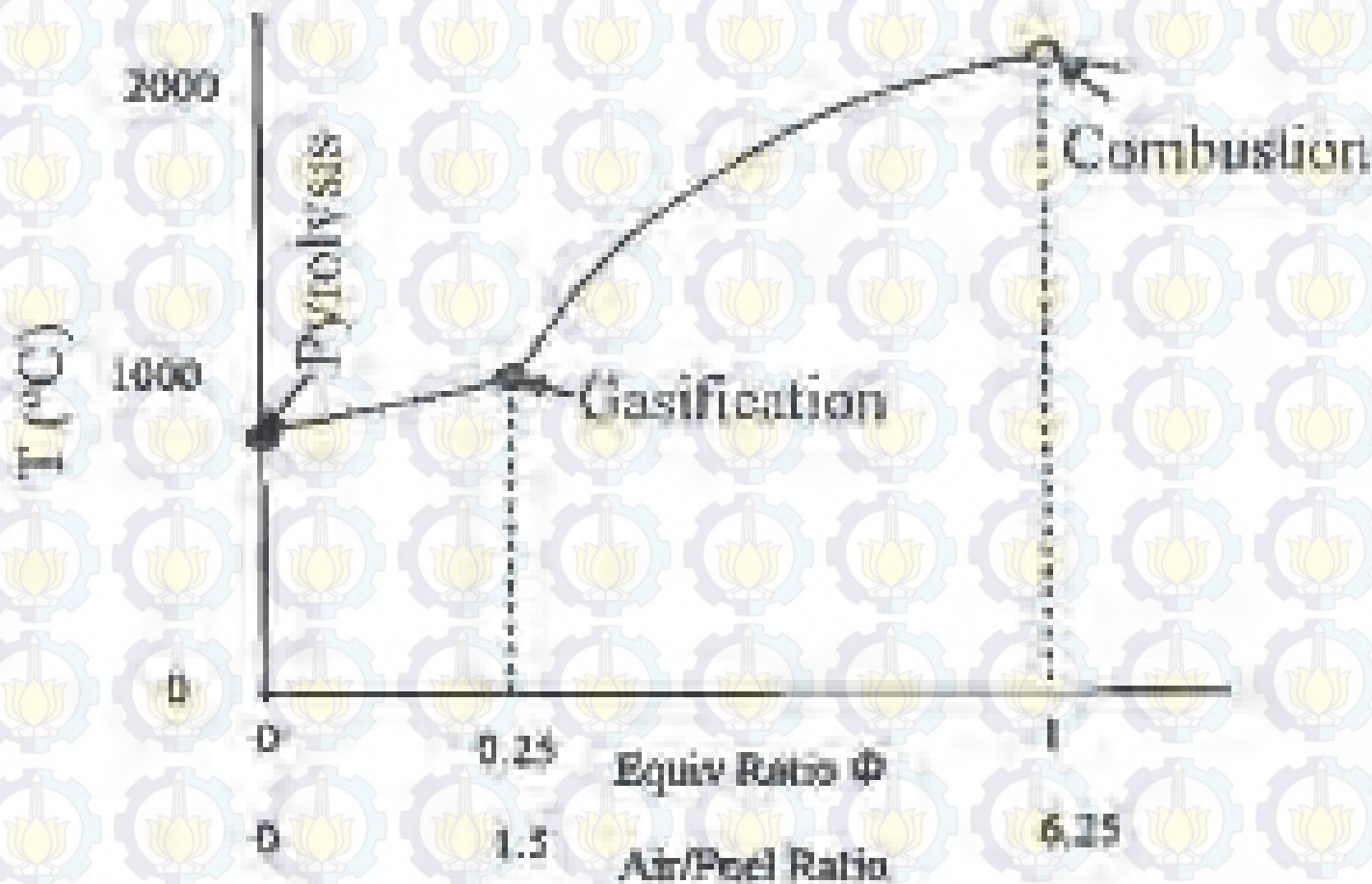


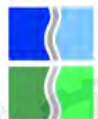


wastewater
treatment
lab.

Latar Belakang

Temperatur vs AFR (Air fuel ratio)





wastewater
treatment
lab.

Latar Belakang

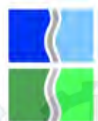


Limbah plastik
26.500 ton per hari

Pirolisis

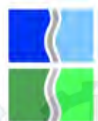


Produk pirolisis



Rumusan Masalah

1. Membandingkan pengaruh suhu dan waktu proses pirolisis konvensional dan pirolisis *microwave* dalam mendegradasi limbah plastik kemasan multilayer LDPE.
2. Membandingkan yield produk padat, cair, dan gas yang diperoleh dari pirolisis konvensional dan pirolisis *microwave*.



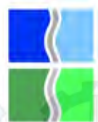
Tujuan Penelitian



Mengetahui pengaruh suhu dan waktu proses pirolisis konvensional dan pirolisis *microwave* dalam mendegradasi limbah plastik kemasan multilayer LDPE.



Mengetahui hasil yield produk padat, cair, dan gas yang diperoleh dari pirolisis konvensional dan pirolisis *microwave*.



wastewater
treatment
lab.

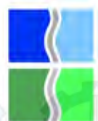
Manfaat



Memberikan alternatif pengoperasian macam proses pirolisis dan kondisi operasi yang optimum untuk mengolah limbah plastik.



Mendaur ulang limbah plastik untuk mengurangi penimbunan sampah dan menghasilkan produk yang berguna.



wastewater
treatment
lab.

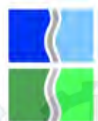
Penelitian Terdahulu

1. Nama Peneliti : Robbie Keane

Jurnal/Judul Penelitian : ChemSusChem, 2 (2009)

207-214, Catalytic transformation of waste polymers to fuel oil.

Hasil Penelitian : Hal utama yang harus diperhatikan pada proses pirolisis adalah reaksi pemotongan rantai molekul. Saat proses pirolisis berjalan terjadi pemotongan secara acak menghasilkan fraksi-fraksi molekul dengan aneka berat molekul.



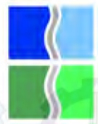
wastewater
treatment
lab.

Penelitian Terdahulu

2. Nama Peneliti : Angga Rizka Permana Putra

Jurnal/Judul Penelitian : Pembuatan Stirena dari Limbah Plastik dengan Metode Pirolisis (2013).

Hasil Penelitian : Pada suhu operasi 500°C adalah suhu optimum untuk proses pirolisis, hal ini dikarenakan pada suhu 500°C stirena akan terdegradasi menjadi etil benzen, propil benzen, dan isopropilbenzen



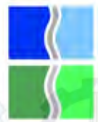
wastewater
treatment
lab.

Penelitian Terdahulu

3. Nama Peneliti : Khalimatus Sa'adiyah

Jurnal/Judul Penelitian : Pengaruh Waktu, Suhu dan Jumlah Katalis Zeolit Alam pada Produk Proses Pirolisis Limbah Plastik Polipropilen (PP) (2013)

Hasil Penelitian : Komposisi fraksi hidrokarbon fraksi C_9 adalah 29,16% n-parafin, 9,22% cycloparafin, dan 61,64% aromatis. Komposisi ini didapat dengan menggunakan katalis zeolit alam 20%



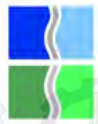
wastewater
treatment
lab.

Penelitian Terdahulu

4. Nama Peneliti : Henry Lee

Jurnal/Judul Penelitian : Microwaves, (2000) How Microwaves Work.

Hasil Penelitian : Pirolisis microwave adalah proses pirolisis yang menggunakan gelombang mikro sebagai media pemanasnya. Gelombang mikro adalah gelombang elektromagnetik dengan frekuensi yang sangat tinggi yaitu 2450 MHz dan panjang gelombang 12,24cm, sehingga radiasi tersebut akan memanaskan benda tanpa adanya O_2 .



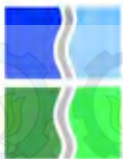
wastewater
treatment
lab.

Penelitian Terdahulu

5. Nama Peneliti : Undri Andri, Luca Rosi, Piero Frediani, Marco Frediani

Jurnal/Judul Penelitian : Fuel, 133 (2014) 7-16, Fuel From Microwave Assisted Pyrolysis of Waste Multilayer Packaging Beverage.

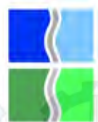
Hasil Penelitian : Sampel bisa di degradasi secara pirolisis microwave dengan absorber karbon pada suhu 700°K yang menghasilkan 24,9% padat, 32,6% cair, dan 24,1% gas.



wastewater
treatment
lab.

TINJAUAN PUSTAKA

Laboratorium Pengolahan Limbah Cair Industri

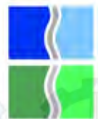


wastewater
treatment
lab.

Limbah Plastik



- Plastik dibuat dari bahan sintetis, umumnya didapat berdasarkan proses polimer menggunakan minyak bumi sebagai bahan dasar.
- Plastik juga ditambah bahan-bahan tambahan yang merupakan logam berat (kadmium, timbal, nikel, Aluminium, dll)



Jenis-jenis Plastik

1. Polietilen tereftalat (PET)

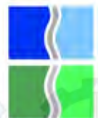
- Monomernya diproduksi melalui esterifikasi asam tereftalat dengan etilen glikol, dengan air sebagai produk sampingnya.

2. High Density Polyethylene (HDPE)

- Sifat HDPE yang inert dan rantai molekul yang fleksibel menghasilkan ketahanan korosi yang tinggi.

3. Polivinil klorida (PVC)

- PVC didapatkan dari polimerisasi senyawa vinil klorida pada suatu reaksi polimerisasi adisi radikal bebas.



Jenis-jenis Plastik

4. Low Density Polyethylene (LDPE)

- LDPE ketahanan baik dalam bentuk film, lentur dan kuat, tahan air dan mudah untuk didaur ulang

5. Polipropilen (PP)

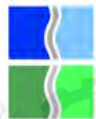
- Syarat utama PP antara lain ringan, mudah dibentuk, transparan, tahan terhadap asam kuat, basa dan minyak.

6. Polistiren (PS)

- Polistirena murni yang transparan bisa dibuat menjadi beraneka warna melalui proses compounding.

7. Other (O)

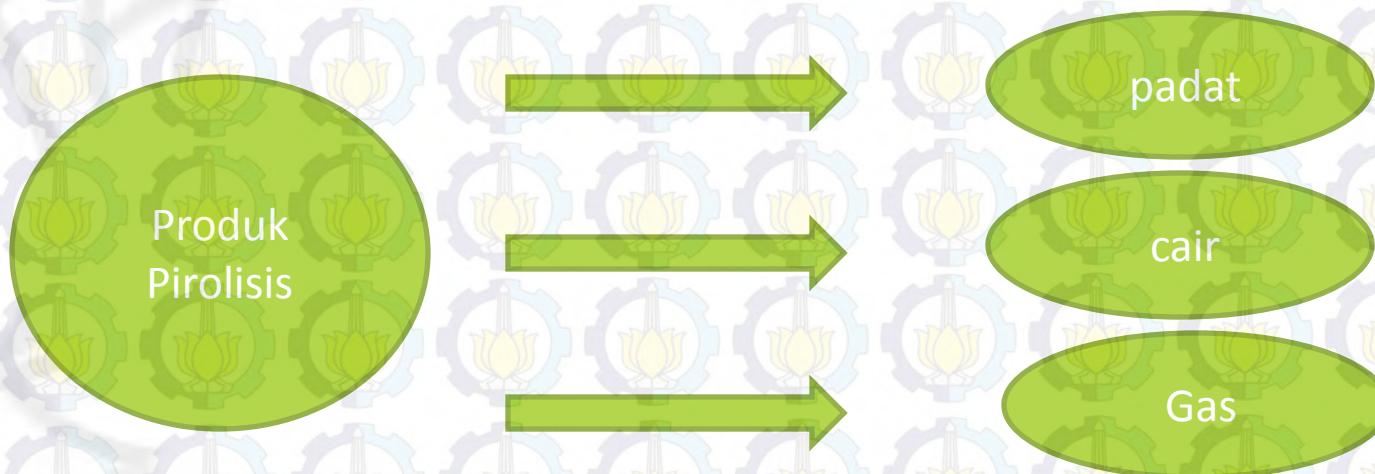
- Ada 4 jenis plastik antara lain Styrene Acrylonitrile (SAN), Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), Polycarbonate (PC), dan Nylon.

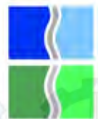


wastewater
treatment
lab.

Pirolisis

Pirolisis adalah degradasi senyawa organik secara thermal dalam kondisi tanpa oksigen untuk menghasilkan Produk padat (arang karbon), Cair (berupa minyak dengan kandungan hidrokarbon) dan gas (CO_2 , CH_4 , H_2 , CO dan sebagian kecil gas lainnya).





wastewater
treatment
lab.

Jenis Pirolisis

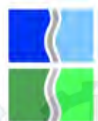
Pirolisis terbagi 2, yaitu :

1. Pirolisis primer

Pirolisis primer adalah proses pembentukan arang yang terjadi pada suhu 150°C – 300°C . Proses pengarangan ini terjadi karena adanya energi panas yang mendorong terjadinya oksidasi sehingga molekul karbon yang kompleks terurai sebagian besar menjadi karbon atau arang.

2. Pirolisis sekunder

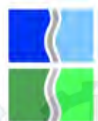
Pirolisis sekunder adalah proses lanjutan perubahan arang/karbon lebih lanjut menjadi karbon monoksida, gas hydrogen dan gas – gas hidrokarbon.



Pirolisis

Bedasarkan Media Pemanasnya Proses Pirolisis Dibagi Menjadi 2:

1. Pirolisis Konvensional : Panas disuplai menggunakan alat elektrik furnace yang melingkari reaktor, dimana pipa ber elemen dalam elektrik furnace yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi panas. Perpindahan kalor/panas yang terjadi akan diserap oleh bahan baku di dalam reaktor.
2. Pirolisis Microwave : Panas disuplai melalui alat microwave, mikrogelombang bekerja dengan memancarkan radiasi gelombang mikro, pada frekuensi 2.450 MHz dengan panjang gelombang 12,24 cm. Bahan baku akan menyerap energi dari gelombang mikro dan menjadikan sumber energi panas.

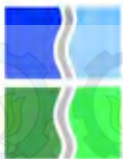


Hidrokarbon

hidrokarbon adalah sebuah senyawa yang terdiri dari unsur atom karbon (C) dan atom hidrogen (H). Seluruh hidrokarbon memiliki rantai karbon dan atom-atom hidrogen yang berikatan dengan rantai tersebut. Dalam kehidupan sehari-hari banyak kita temui senyawa hidrokarbon, misalnya minyak bumi, minyak tanah, bensin, gas alam, plastik dan lain-lain.

Penggolongan senyawa hidrokarbon berdasarkan struktur molekul dan kejenuhan ikatan adalah sebagai berikut:

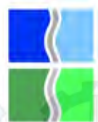




wastewater
treatment
lab.

METODOLOGI PENELITIAN

Laboratorium Pengolahan Limbah Cair Industri



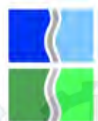
wastewater
treatment
lab.

Kondisi Operasi

Tekanan pada Reaktor 1 atm

Rate Nitrogen 0,5 L/min

60 gr Limbah Plastik multilayer LDPE



wastewater
treatment
lab.

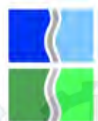
Variabel Penelitian

1. Waktu Pirolisis

10, 30 dan 60 menit

2. Suhu Proses Pirolisis

250, 350 dan 500°C



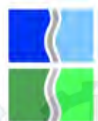
Besaran yang Diukur

1. Komposisi Produk Liquid (Analisa GC-MS)

2. Yield Produk Liquid

3. Yield Produk Solid

4. Komposisi Produk Gas (Analisa GC)



wastewater
treatment
lab.

Prosedur Penelitian

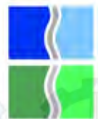
Persiapan
Bahan Baku
(Limbah
Plastik LDPE)

• Pirolisis
Konvensional
• Kondensasi

Produk
(Padat, Cair,
Gas)

• Pirolisis
Microwave
• Kondensasi

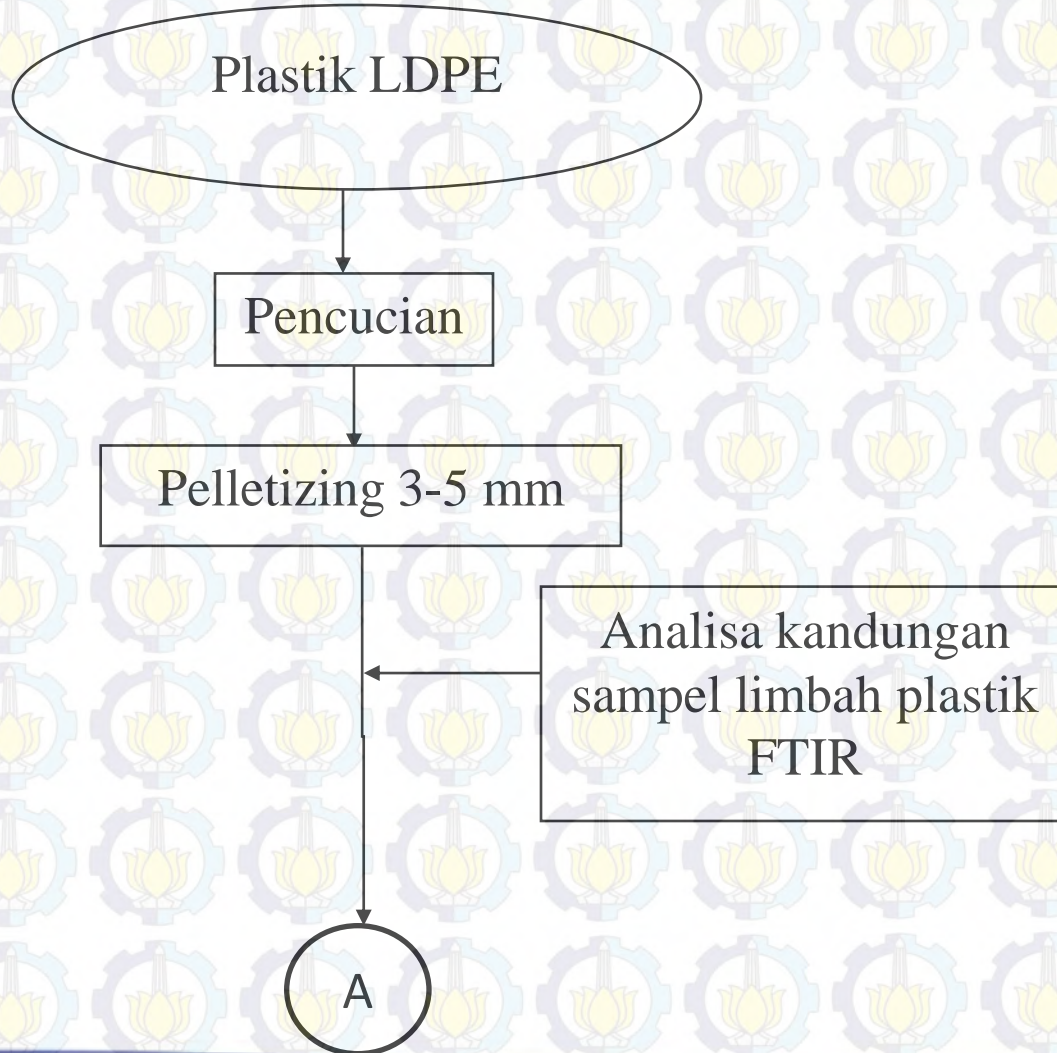
Produk
(Padat, Cair,
Gas)

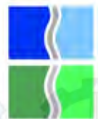


wastewater
treatment
lab.

Diagram Alir Percobaan

Proses Pirolisis Konvensional

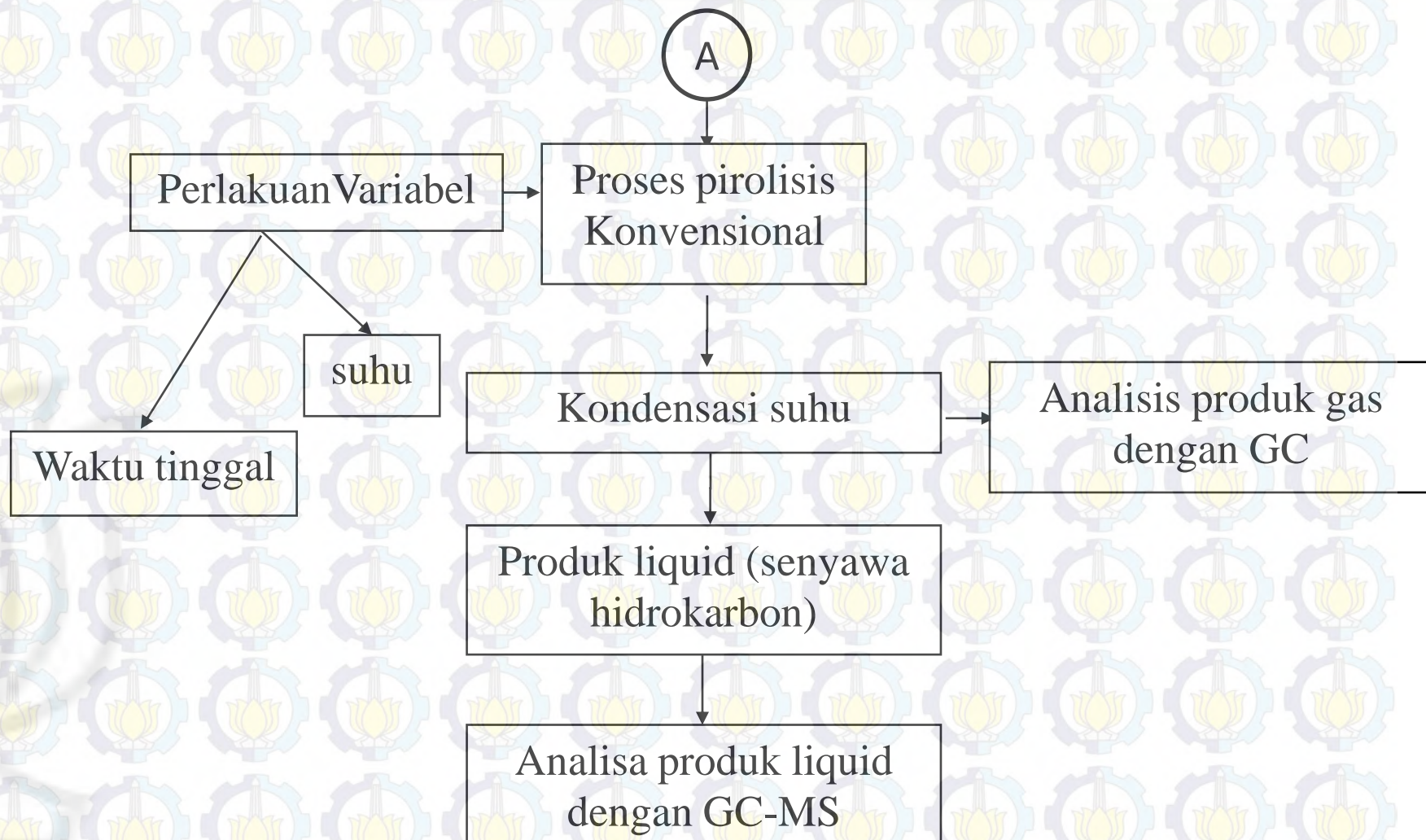


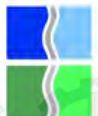


wastewater
treatment
lab.

Diagram Alir Percobaan

Proses Pirolisis Konvensional

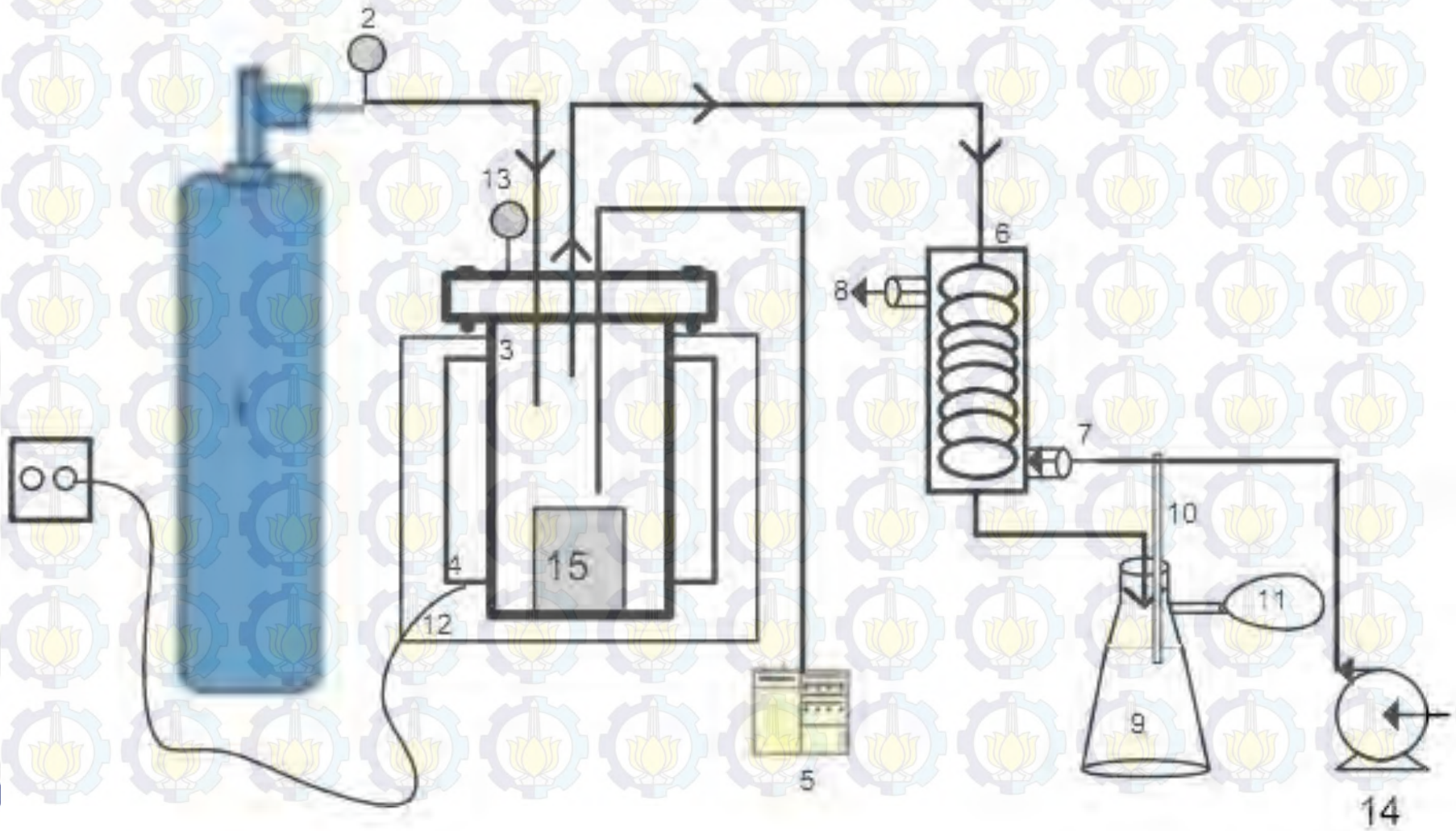


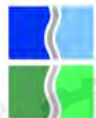


wastewater
treatment
lab.

Gambar Peralatan

Pirolisis Konvensional



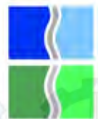


wastewater
treatment
lab.

Gambar Peralatan

Keterangan gambar :

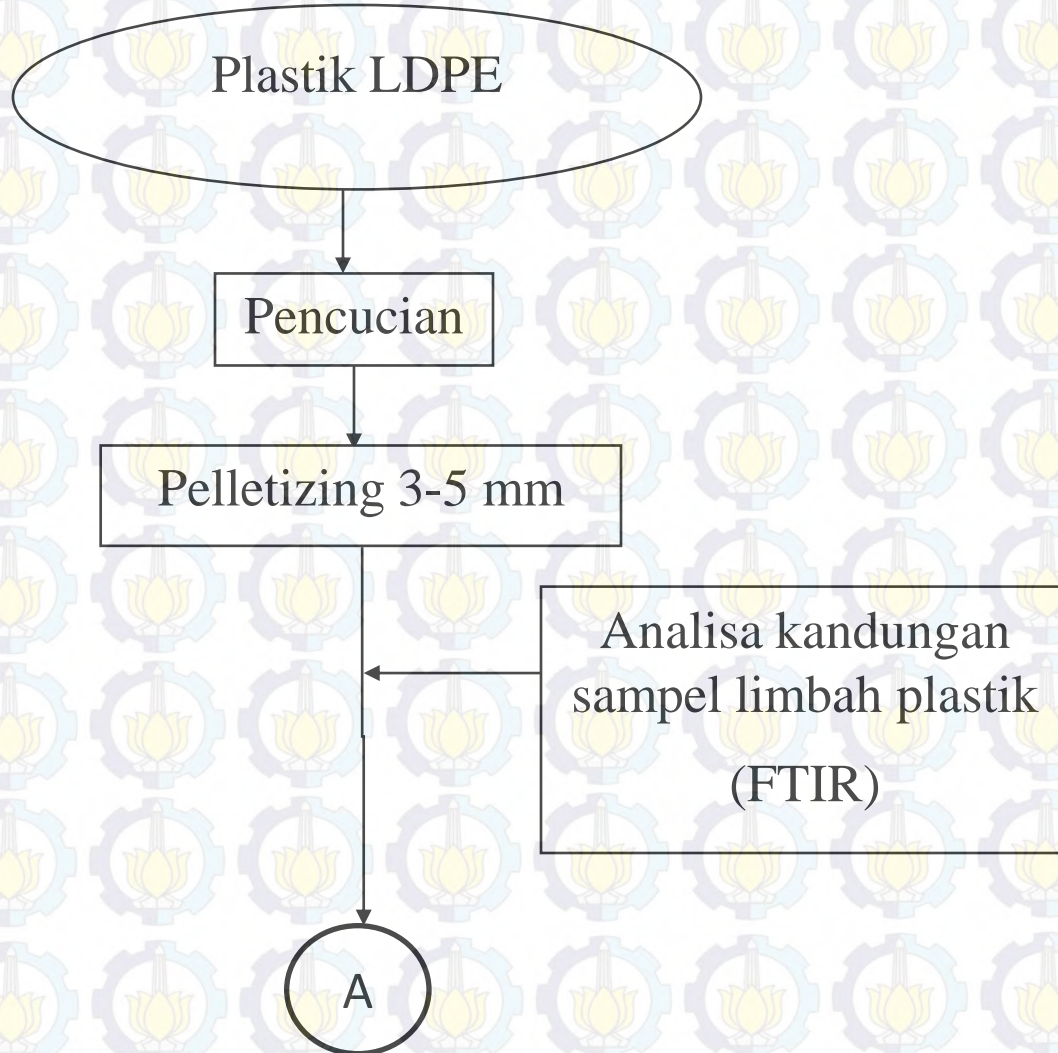
1. Tabung nitrogen
2. Rotameter
3. Reaktor pirolisis
4. Elektrik furnace
5. Alat pembacaan suhu thermocouple
6. Kondensor refluks
7. Inlet air pendingin
8. Outlet air pendingin
9. Penampung Liquid
10. Termometer
11. Penampung gas
12. Isolator
13. Pressure gauge
14. Pompa
15. Tempat Sample

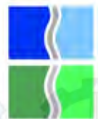


wastewater
treatment
lab.

Diagram Alir Percobaan

Proses Pirolisis Microwave

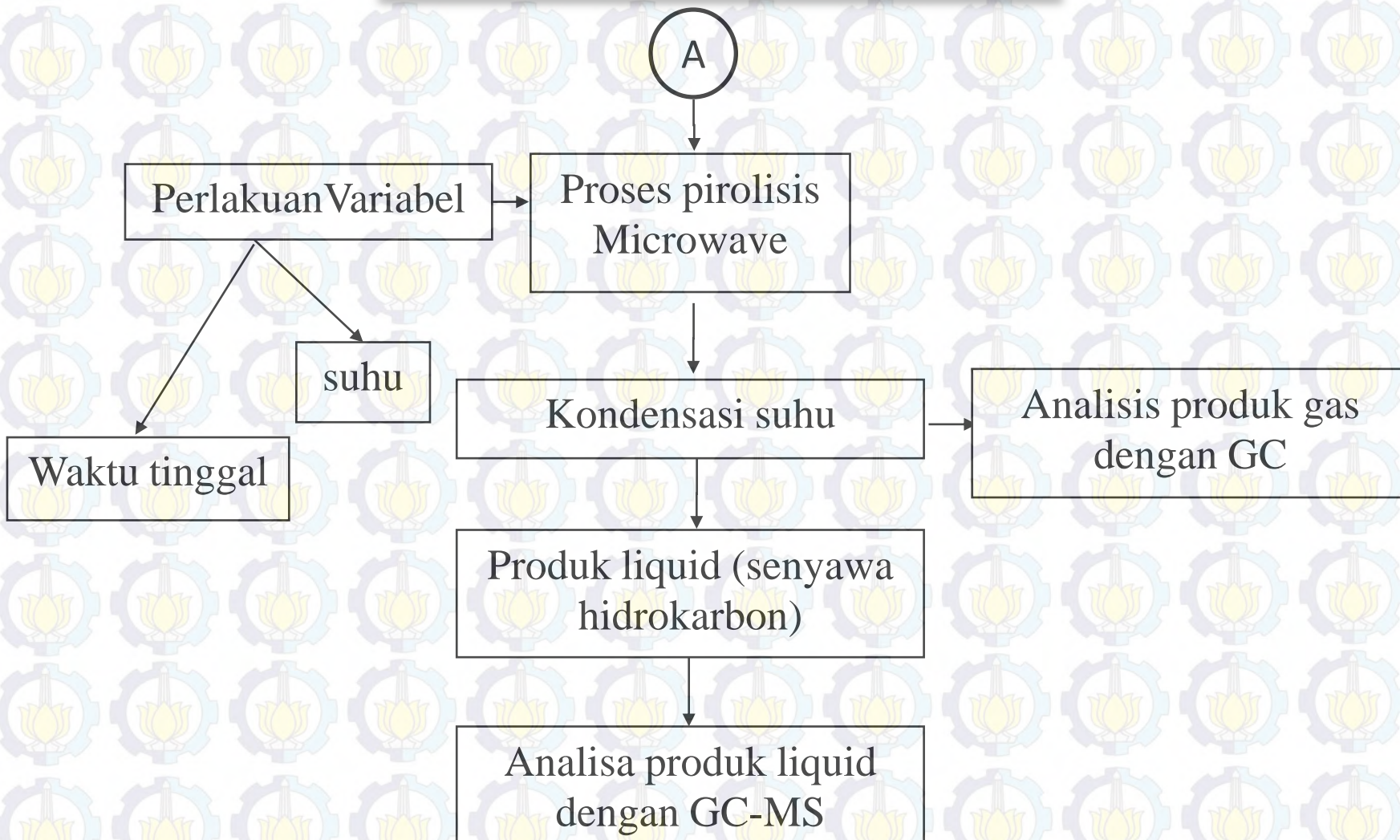


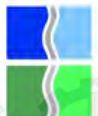


wastewater
treatment
lab.

Diagram Alir Percobaan

Proses Pirolisis Microwave

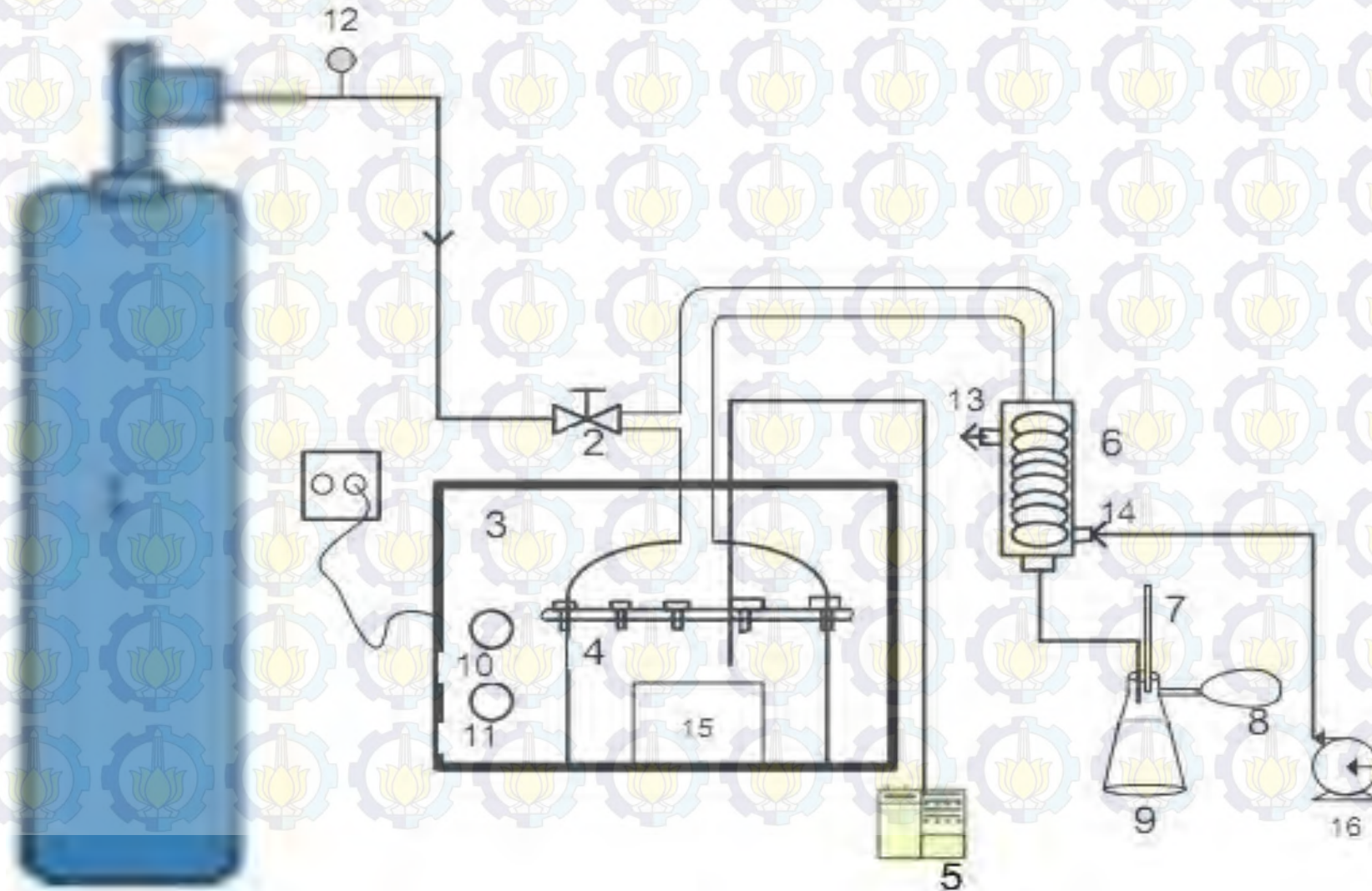


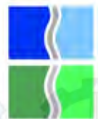


wastewater
treatment
lab.

Gambar Peralatan

Proses Pirolisis Microwave



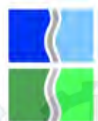


wastewater
treatment
lab.

Gambar Peralatan

Keterangan gambar :

1. Tabung nitrogen
2. Rotameter
3. Reaktor pirolisis
4. Elektrik furnace
5. Alat pembacaan suhu thermocouple
6. Kondensor refluks
7. Inlet air pendingin
8. Outlet air pendingin
9. Penampung Liquid
10. Termometer
11. Penampung gas
12. Isolator
13. Pressure gauge
14. Pompa
15. Tempat Sample



ANALISA BAHAN BAKU:

Bahan Baku

FTIR (Spektrometer Fourier Transform Infra Red)

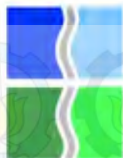
ANALISA PRODUK:

liquid

GC-MS (Gas chromatography-Mass Spectrometry)

Gas

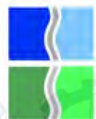
GC (Gas Chromatography)



wastewater
treatment
lab.

Hasil Analisa

Laboratorium Pengolahan Limbah Cair Industri



wastewater
treatment
lab.

Hasil Produk Pirolisis

Pirolisis Konvensional



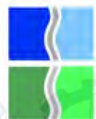
VS

Pirolisis Microwave



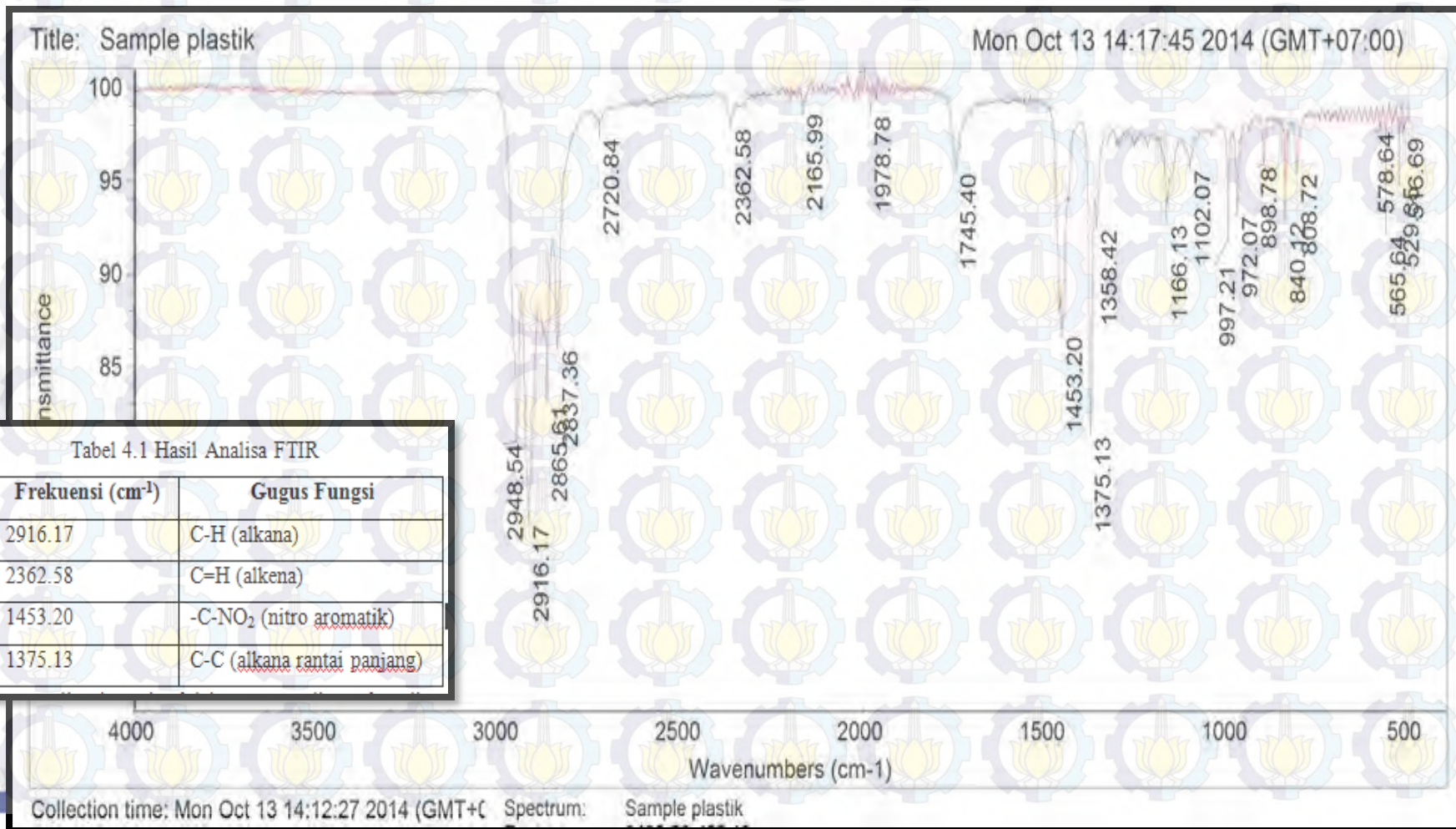
Gambar Produk Pirolisis Konvensional
Suhu 500°C dan waktu 60 Mneit

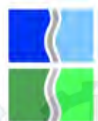
Gambar Produk Pirolisis Microwave Suhu
500°C dan waktu 60 Mneit



wastewater
treatment
lab.

Analisa FTIR Bahan Baku

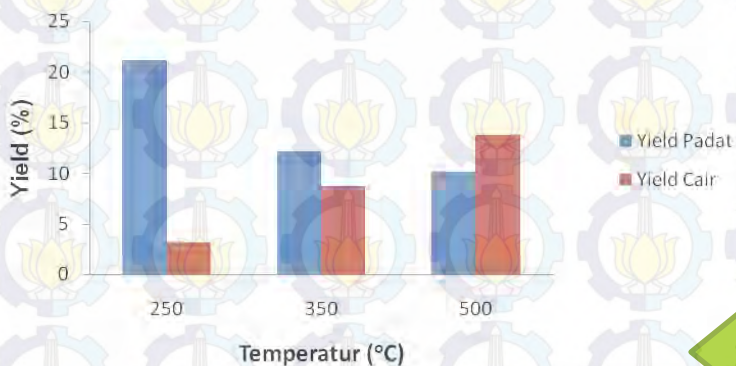




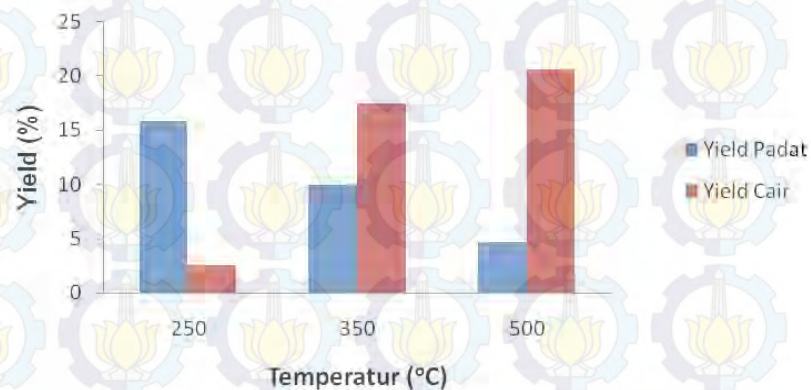
wastewater
treatment
lab.

Yield Produk Cair dan Solid

Konvensional VS Microwave

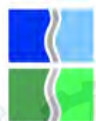


VS



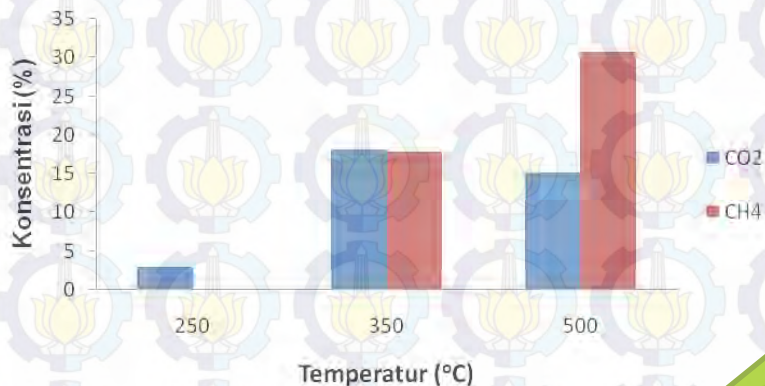
Gambar % Yield Produk Liquid dan Solid dengan Waktu Pirolisis Konvensional 1 Jam untuk Berbagai Variabel Suhu

Gambar % Yield Produk Liquid dan Solid dengan Waktu Pirolisis Microwave 1 Jam untuk Berbagai Variabel Suhu



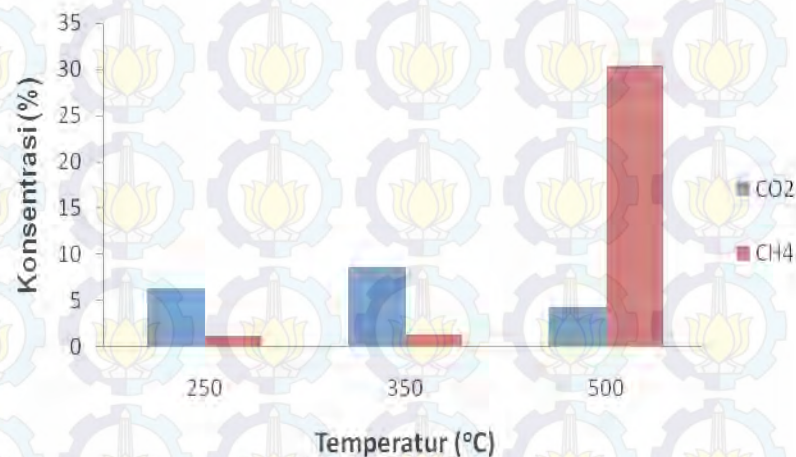
wastewater
treatment
lab.

Yield Produk CH_4 dan CO_2



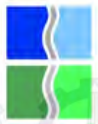
VS

Konvensional VS Microwave



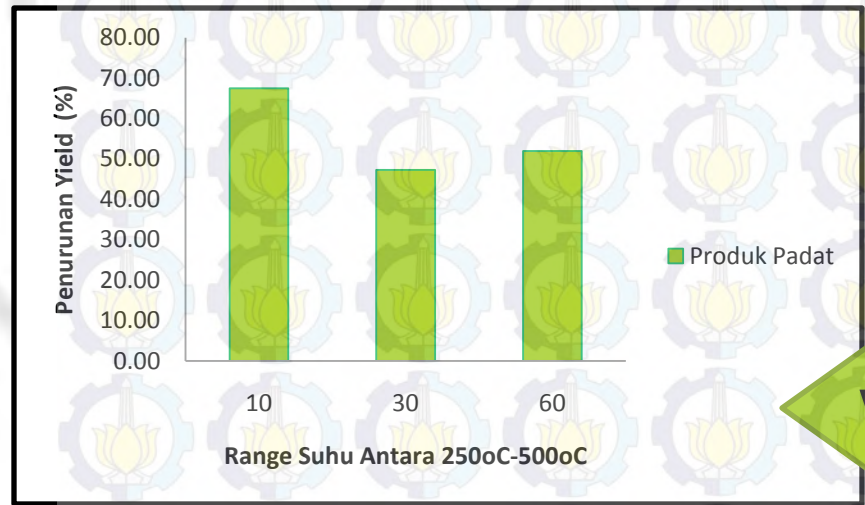
Gambar % Yield Produk CH_4 dan CO_2 dengan Waktu Pirolisis Konvensional 1 Jam untuk Berbagai Variabel Suhu

Gambar % Yield Produk CH_4 dan CO_2 dengan Waktu Pirolisis Microwave 1 Jam untuk Berbagai Variabel Suhu



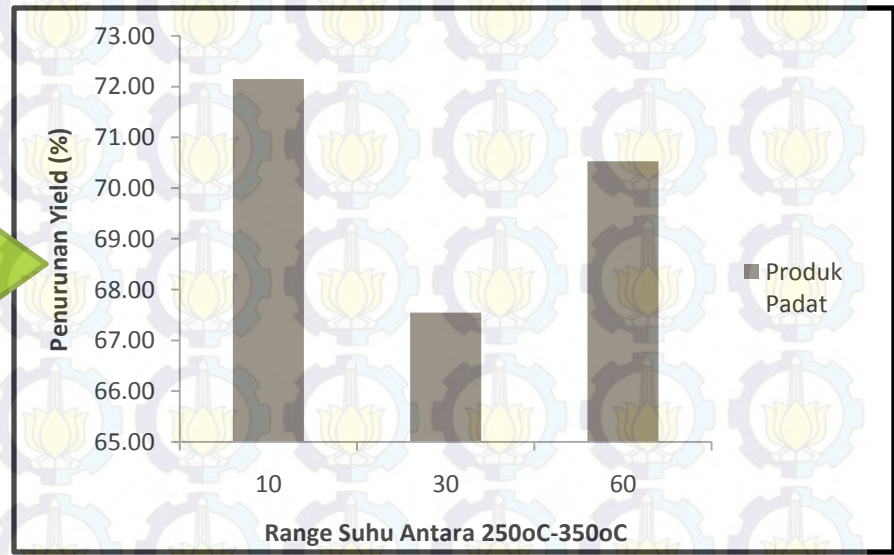
wastewater
treatment
lab.

% Peningkatan Yield Produk Padat untuk range suhu 250°C-500°C



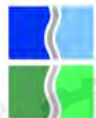
VS

Konvensional VS Microwave



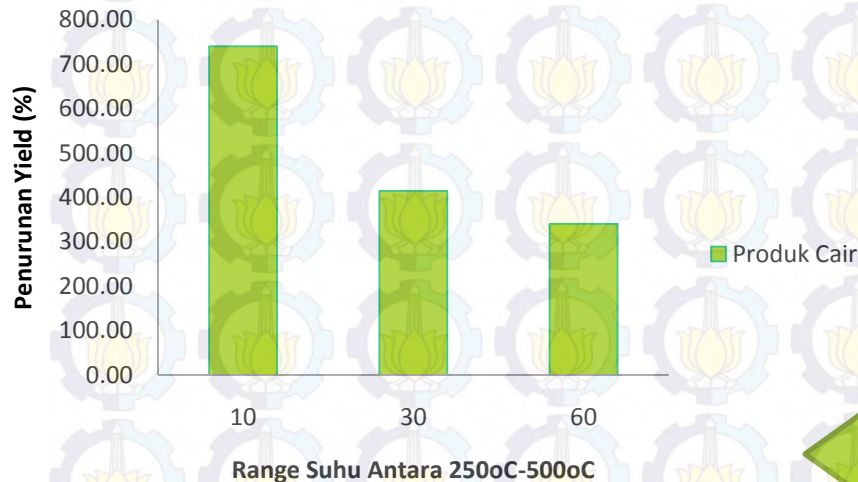
Gambar % Peningkatan Yield Produk Padat untuk Range Suhu 250°C-500°C dan waktu Pirolisis Konvensional.

Gambar % Peningkatan Yield Produk Padat untuk Range Suhu 250°C-500°C dan waktu Pirolisis Microwave.



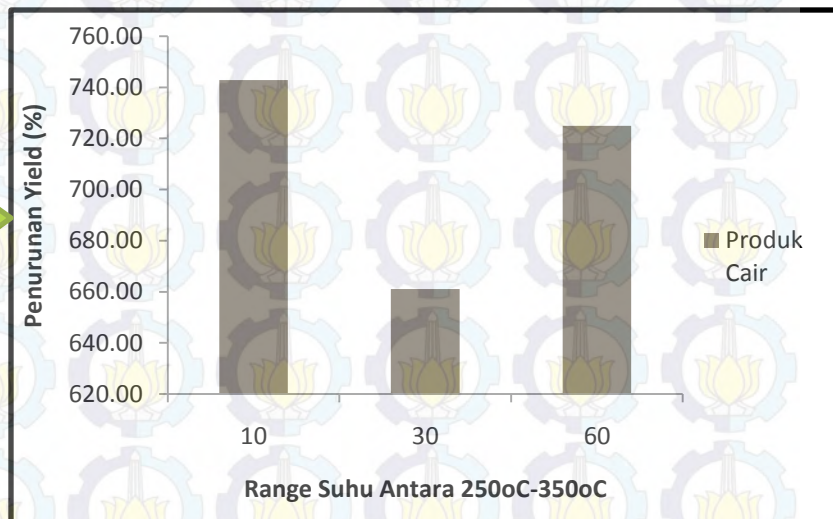
wastewater
treatment
lab.

% Peningkatan Yield Produk Cair untuk range suhu 250°C-500°C



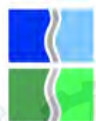
VS

Konvensional VS Microwave



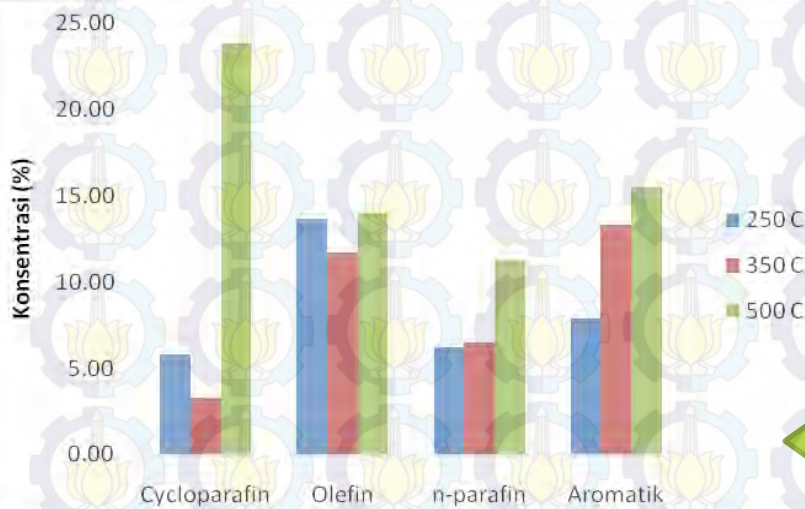
Gambar % Peningkatan Yield Produk Cair untuk Range Suhu 250°C-500°C dan waktu Pirolisis Konvensional.

Gambar % Peningkatan Yield Produk Cair untuk Range Suhu 250°C-500°C dan waktu Pirolisis Microwave.



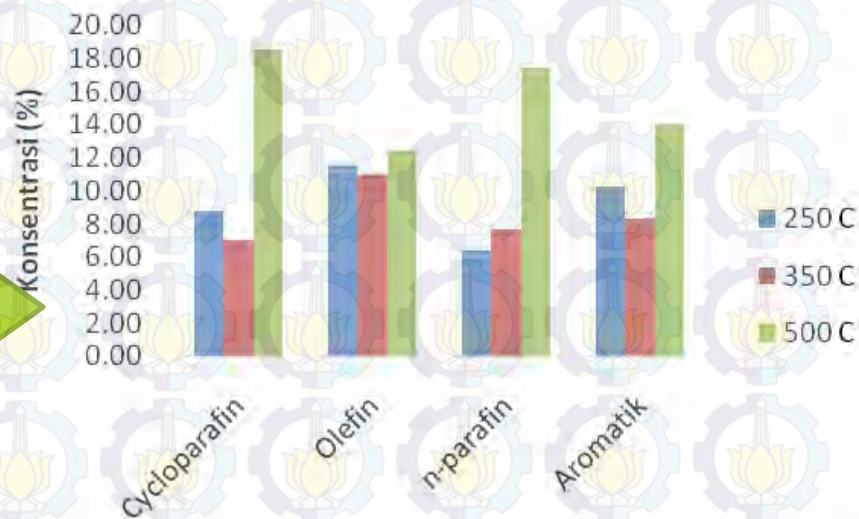
wastewater
treatment
lab.

% Konsentrasi Gugus Hidrokarbon Profuk Cair



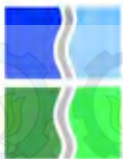
VS

Konvensional VS Microwave



Gambar % Konsentrasi Gugus Hidrokarbon pada Variabel Waktu Pirolisis Konvensional 60 Menit untuk Berbagai Variabel Suhu

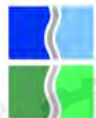
Gambar % Konsentrasi Gugus Hidrokarbon pada Variabel Waktu Pirolisis Microwave 60 Menit untuk Berbagai Variabel Suhu



wastewater
treatment
lab.

Kesimpulan

Laboratorium Pengolahan Limbah Cair Industri



KESIMPULAN

1

- Proses pirolisis dapat digunakan untuk mengolah limbah plastik LDPE menjadi produk yang potensial sebagai bahan baku bahan bakar.

2

- Pirolisis yang lebih baik adalah pirolisis microwave ditinjau dari yield liquid, yield padat dan yield gas CH₄.

3

- Kondisi yang lebih baik pada penelitian ini yaitu pirolisis microwave dengan kondisi operasi 500°C 60 menit dengan yield padat 4,67%, yield cair 20,63%, dan yield CH₄ 30,41%.



wastewater
treatment
lab.

Terimakasih